

モビリティ水準とエネルギー消費量とのトレードオフを考慮した都市交通政策

熊本大学 学生会員 ○山田 健太
熊本大学 正会員 溝上 章志

1. 序論

近年、化石燃料の枯渇や地球温暖化に対する危機感が高まる中、持続可能な交通に対する注目が集まってきており、交通計画の分野でもエネルギー消費や環境負荷を削減する様々なコンパクト化方策が検討されている。単位トリップあたりのエネルギー効率などを小さくすることをコンパクト化の指標とする研究が多い中、エネルギー消費や環境負荷の削減をするにしても一定以上のモビリティ水準を確保することが必要であろう。

本研究ではモビリティ指標を含む効用水準を維持した上で都市エネルギー消費量の最小化を実現するような都市交通や都市構造のあり方を明らかにするモデルの開発とその熊本都市圏への適用結果について述べている。

2. モデルの定式化

(1) モデルの概要

本研究は一般化費用制約下での効用最大化の結果として生じている目的地別交通機関別トリップによって達成されているモビリティ水準を確保しながらエネルギー消費量を最小とするトリップは、都市構造や交通状況の変化によってどのように異なるかを実証的に検証するものである。

(2) 効用水準の算出

現在の目的地別交通機関別トリップ数によって達成されている効用水準は以下のようにして求められる。ここでは意思決定行動が図-1のような Nested 構造であり各段階の効用関数は CES 型と仮定する。

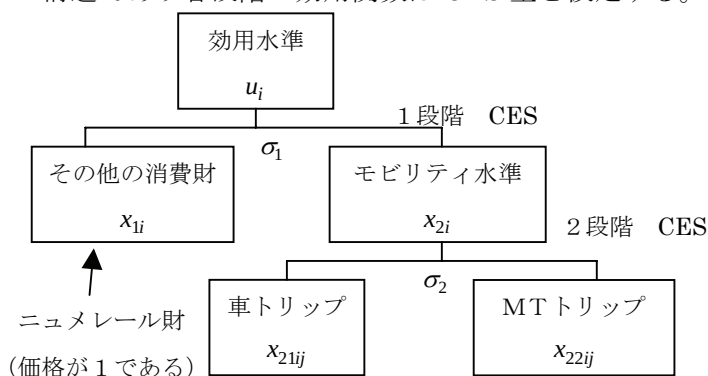


図-1 層化 CES 効用関数の構造

$$u_i(x_{li}, x_{2i}) = \left\{ \alpha_1 x_{li}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_2 x_{2i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)}$$

$$x_{2i}(x_{21ij}, x_{22ij}) = \left\{ \alpha_{21} x_{21ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_{22} x_{22ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2/(\sigma_2-1)}$$

ここで σ_1, σ_2 : 代替の弾力性、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{21}, \alpha_{22}$: 分配のパラメータである。

効用水準を算出するには、第2段階で車と MT による目的地別トリップ数 x_{2mij} に依存するモビリティ水準 x_{2i} を算出し、これと一般財 x_{li} との関数である効用水準を第1段階で算出する。以下に各段階の最適化行動を定式化する。

(第2段階)

この段階は総交通費用制約下でのモビリティ水準最大化行動である。

$$\begin{aligned} \max_{\{x_{2mij}\}} : x_{2i} &= \sum_{j=1} \left\{ \alpha_{21} x_{21ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_{22} x_{22ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2/(\sigma_2-1)} \\ \text{s.t.} \quad &\sum_{j=1} (p_{21ij} x_{21ij} + p_{22ij} x_{22ij}) \leq I_{2i} \end{aligned}$$

p_{2mij} : 一般化費用 I_{2i} : 総交通費用

この最大化問題の解である x_{2mij}^* から最大 (現在)

のモビリティ水準が得られる。

(第1段階)

効用水準を所得制約のもと最大化問題を解く。

$$\begin{aligned} \max_{\{x_{ki}\}} : u_i &= \left\{ \alpha_1 x_{li}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_2 x_{2i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)} \\ \text{s.t.} \quad &p_{li} x_{li} + p_{2i} x_{2i} \leq I \end{aligned}$$

p_{ki} : 単位当り費用 ($p_{li}=1$) I_i : 総所得

この最大化問題の解として効用水準が最大となる消費財及びモビリティ水準が求まる。

(3). 効用水準を考慮した交通エネルギー最小消費

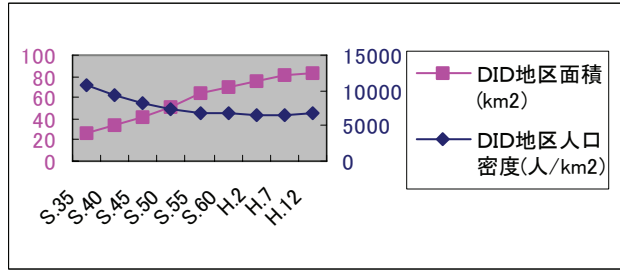
得られた現況の効用水準を維持するという制約条件の下での交通エネルギーを求める

$$\min \quad E_i = e_1 x_{1i} + \sum_{j=1} e_{21} t_{21ij} x_{21ij} + \sum_{j=1} e_{22} t_{22ij} x_{22ij}$$
$$\text{s.t.} \quad \left\{ \alpha_1 x_{1i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_2 x_{2i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)} = u_i^*$$
$$\sum_{j=1} \left\{ \alpha_{21} x_{21ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_{22} x_{22ij}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2/(\sigma_2-1)} = x_{2i}^*$$

ここで E_i : 交通エネルギー(kcal)、 e_{2m} : エネルギー原単位(kcal/分)、 t_{2mij} : 所要時間(分/トリップ)である。
算出された交通機関別目的地別トリップ数 x_{21ij}^*, x_{22ij}^* と一般財需要量 x_{1i}^* を用いると交通エネルギー消費量 E_i^* を得る。

3. 熊本都市圏での実証分析

図－2 に示すように、熊本都市圏の DID 地区の面積は年々広がっている反面、人口密度が低下しており、人口のスプロール現象が見られる。そこで、S59 年と H9 年の 2 時点で上記モデルから得られる最小消費交通エネルギーにどのような変化があるかについて比較検討を行う。



図－2 熊本都市圏における DID 地区の変化

ここでは簡単のために、一般財を考慮せずモビリティ水準だけを維持したまま、消費交通エネルギーが最小となる機関分担率を算出した。用いた各種のデータは S59 年と H9 年に実施された第 2 回と第 3 回の熊本都市圏パーソントリップ調査のものである。

表－1 にそれぞれの年代の推定したパラメータをまとめる。ここでは σ_2 を両年とも 0.5 と仮定して α_{21} 、 α_{22} を推定した。表－2 はこれらのパラメータ値を用いて求めた交通エネルギー消費量を、各年代現況時とエネルギー消費が最小となるとき熊本都市圏全体でのエネルギー消費量、および機関分担率である。

表－1 推定したパラメータ

	S.59 年	H.9 年
α_{21}	0.62	0.72
α_{22}	0.38	0.28

	現況	エネルギー最小時
S59		
H9		

これより、DID地区の人口密度が高かったS59 年(6701 人/km²)の方がH9 年(6593 人/km²)よりも交通エネルギー消費の少ない交通行動が達成されている。また、現在においても公共交通への転換をすることによって交通エネルギー消費を削減できる。

5. 結論

本研究では、効用水準及びモビリティ水準を定量的に定義し、これらを維持したまま交通エネルギー消費量を最小とする交通機関分担率を算出するコンパクト化の準備方法を提案した。これは、既存研究の方法をさらに発展させ、代替の弾力性を含めた層化 CES 効用関数を導入することで、より一般的な形になっている。

本モデルで熊本都市圏における実証分析を行った結果、公共交通への転換をすることによって大きな交通エネルギー消費削減の可能性があることが分かった。

参考文献

1)土井俊祐,青山吉隆,中川大,柄谷友香,近成純：モビリティを考慮した都市交通エネルギー施策に関する研究 土木計画学研究論文集 No.23,pp887-894,2006